

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-226533

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月25日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 0 3 C 4/08

C 0 3 C 4/08

3/15

3/15

G 2 1 F 1/06

G 2 1 F 1/06

H 0 5 K 9/00

H 0 5 K 9/00

V

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-26555

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月10日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 木戸 一博

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 上田 基

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 放射線遮蔽ガラス

(57) 【要約】

【課題】 X線や γ 線等の電磁波および α 線や β 線等の荷電粒子に対する高い遮蔽能力を維持し、かつ中性子も遮蔽することのできる放射線遮蔽ガラスを提供すること。

【解決手段】 この放射線遮蔽ガラスは、少なくとも重量比(以下wt%)で、以下の組成、 B_2O_3 20~35、 La_2O_3 16~50、 Gd_2O_3 1~25、 SiO_2 0~10、 Al_2O_3 0~5、 Li_2O 0~3、 Na_2O 0~5、 K_2O 0~5、 MgO 0~5、 CaO 0~10、 SrO 0~10、 BaO 0~10、 ZnO 0~21、 ZrO_2 0~8、 Y_2O_3 0~10、 Yb_2O_3 0~10、 Nb_2O_5 0~10、 Ta_2O_5 0~15、 CeO_2 0~3、 As_2O_3 0~1、 Sb_2O_3 0~1からなる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも重量比（以下wt%）で以下の組成、

B ₂ O ₃	20～35
La ₂ O ₃	16～50
Gd ₂ O ₃	1～25
Si O ₂	0～10
Al ₂ O ₃	0～5
Li ₂ O	0～3
Na ₂ O	0～5
K ₂ O	0～5
MgO	0～5
CaO	0～10
SrO	0～10
BaO	0～10
ZnO	0～21
ZrO ₂	0～8
Y ₂ O ₃	0～10
Yb ₂ O ₃	0～10
Nb ₂ O ₅	0～10
Ta ₂ O ₅	0～15
CeO ₂	0～3
As ₂ O ₃	0～1
Sb ₂ O ₃	0～1

からなり、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラス。

【請求項2】 請求項1に記載の放射線遮蔽ガラスにおいて、

前記Li₂ OのLiは、Liが同位体濃縮された6-Liを含有し、

前記B₂ O₃のBは、Bが同位体濃縮された10-Bを含有し、

前記Gd₂ O₃のGdは、Gdが同位体濃縮された155-Gdおよび157-Gdを含有していることを特徴とする放射線遮蔽ガラス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、X線やγ線等の電磁波、α線やβ線等の荷電粒子および中性子を遮蔽する放射線遮蔽ガラスに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、核物理学、原子力エネルギーの関連分野において、有害な電離性放射線から人体や機器を保護し、放射線が存在するいわゆるホットサイドの観察を行うため、透光性を有する放射線遮蔽材料が開発されている。電磁波および荷電粒子の遮蔽には多量の鉛を含有するガラスが、また中性子の遮蔽には樹脂あるいはホウ素を含有するガラスが有効であることが既に知られており、実用化されている。

【0003】透明な中性子遮蔽材料としてはアクリル等

の樹脂が非常に有効であるが、未だ、樹脂を用いた中性子遮蔽ガラスとして光学の性質や機械的性質もしくは耐久性の面において満足するものは得られていない。これらの性質をほぼ満足し、かつ透明性に優れた中性子遮蔽ガラスとしては、特開平7-138044に開示されているガラスがある。

【0004】また、鉛を含有する放射線遮蔽ガラスでは、それまでの高鉛含有ガラスでは十分に遮蔽することができなかった中性子線も同時に遮蔽することができ、かつ放射線照射による着色を防止することができるような放射線遮蔽ガラスとして、例えば特開平2-212331や、特公平5-30776に開示されているものがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような鉛含有放射線遮蔽ガラスは、電磁波および荷電粒子の遮蔽と同時に中性子も遮蔽することができるようにするため、さらに耐着色性を付与させるために、他にさまざまな成分を含有した結果、PbOの含有量が低くなり、それまでの高鉛含有放射線遮蔽ガラスと比較すると、電磁波および荷電粒子に対する遮蔽能力が劣ってしまう。

【0006】また、透明な中性子遮蔽ガラスにおいても、ガラスにさらなる特性を与えるために新たな成分を含有した結果、PbOの含有量が低くなってしまい、Li₂ OやB₂ O₃、Gd₂ O₃が中性子と反応して生じる二次γ線を自己吸収する能力が低くなる。このために二次γ線を遮蔽材料の外へ放出してしまうという問題があった。遮蔽材料に樹脂を用いた場合においてはこの現象が更に著しい。以上述べたように、電磁波、荷電粒子および中性子のすべての放射線に対して十分に満足できる遮蔽能力を有する遮蔽材料はなく、これらの放射線が共存する環境下で遮蔽を行うためには複数の遮蔽材料を組み合わせなければならなかった。

【0007】このため、X線やγ線等の電磁波およびα線やβ線等の荷電粒子に対する高い遮蔽能力を維持し、かつ中性子も遮蔽することのできる放射線遮蔽ガラスの出現が望まれていた。

【0008】

【課題を解決するための手段】このため、本発明者が鋭意研究を重ねた結果、B₂ O₃、La₂ O₃およびGd₂ O₃を必須成分とするガラス組成によって、所望の電磁波、荷電粒子および中性子に対する十分な遮蔽を実現することができ、放射線の遮蔽を必要とする光学機器に用いる光学ガラスとしても使用可能な高品質のガラスが得られることを見だし、この発明をなすに至った。

【0009】この発明の放射線遮蔽ガラスは、少なくとも重量比（wt%）で以下の組成、

B ₂ O ₃	20～35
La ₂ O ₃	16～50

Gd ₂ O ₃	1~25
SiO ₂	0~10
Al ₂ O ₃	0~5
Li ₂ O	0~3
Na ₂ O	0~5
K ₂ O	0~5
MgO	0~5
CaO	0~10
SrO	0~10
BaO	0~10
ZnO	0~21
ZrO ₂	0~8
Y ₂ O ₃	0~10
Yb ₂ O ₃	0~10
Nb ₂ O ₅	0~10
Ta ₂ O ₅	0~15
CeO ₂	0~3
As ₂ O ₃	0~1
Sb ₂ O ₃	0~1

からなり、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽することを特徴とする。

【0010】電磁波、荷電粒子および中性子を効率よく遮断する放射線遮蔽ガラスを得るためには、それぞれの放射線種の遮断に有効な元素を高い割合で含有し、かつ透明性、化学的安定性、機械的強度、耐久性、量産性等のガラスの特性を失うことのない組成にしなければならない。

【0011】上記のような組成範囲は実験化学的に見いだされたものであり、各成分の範囲限定の理由は次の通りである。

【0012】まず、B₂O₃はガラス形成酸化物であり、ガラスの熔融性をよくし、失透に対する安定性を向上させ、また効率よく熱中性子を吸収する必須成分であるが、以上の効果を十分に得、かつ化学的耐久性を維持するためには、その含有量を20wt%以上、35wt%以下にするのがよい。

【0013】次に、La₂O₃は失透に対する安定性を維持しながら、ガラスの比重を大きくし、電磁波および荷電粒子に対する遮蔽能力を向上させる必須成分であるが、この効果を十分に得、かつ失透に対する安定性を維持させるためには、その含有量を16wt%以上、50wt%以下にするのがよい。

【0014】Gd₂O₃はガラスの比重を大きくして、電磁波および荷電粒子に対する遮蔽能力を向上させ、かつ効率よく熱中性子を吸収する必須成分であるが、以上の効果を十分に得るため、また失透に対する安定性を維持するためには、その含有量を1wt%以上、25wt%以下にするといよい。

【0015】以上の必須成分の他に任意成分として他の物質を適量添加させると、より一層の放射線遮蔽効果が

得られ、また所望のガラスの品質を向上させることができる。

【0016】このために添加される任意成分として、まず、SiO₂はガラス形成酸化物であり、失透に対する安定性を向上させ、またガラスの化学的耐久性を良好させるが、熔融性を維持して未溶物を生じにくくするためにはその含有量を10wt%以下にすることが望ましい。

【0017】次に、Al₂O₃は失透に対する安定性と化学的耐久性を向上させる成分であるが、熔融性を維持し、また放射線遮蔽に寄与する成分の含有率を確保するためには、その含有量は5wt%以下にするのがよい。

【0018】Li₂Oはガラスの熔融性を向上させ、また効率よく熱中性子および高速中性子を吸収する成分であるが、ガラスの化学的耐久性および失透に対する安定性を維持するためには、その含有量を3wt%以下にすることが望ましい。

【0019】Na₂OおよびK₂Oはガラスの熔融性を向上させる成分であるが、失透に対する安定性および化学的耐久性を維持するためには、その含有量を5wt%以下にするのがよい。

【0020】MgOはガラスの熔融性を向上させる成分であるが、失透に対する安定性を維持し、また分相傾向を増大させないためにも、5wt%以下の含有量が好ましい。

【0021】CaO、SrOおよびBaOはガラスの熔融性および失透に対する安定性を向上させる成分であるが、この効果を維持し、化学的耐久性を悪化させないためにも、10wt%以下の含有量が好ましい。

【0022】ZnOはガラスの熔融性および失透に対する安定性を向上させるために有効な成分であるが、これらの効果を維持するためには、その含有量を21wt%以下にするのがよい。

【0023】ZrO₂は失透に対する安定性および化学的耐久性を向上させる成分であるが、この効果は8wt%以下の含有量にして得られる。

【0024】Y₂O₃、Yb₂O₃、Nb₂O₅およびTa₂O₅はガラスの化学的耐久性を向上させるために有用な成分であるが、この効果を得るにはY₂O₃、Yb₂O₃およびNb₂O₅を用いる場合には10wt%以下の含有量に、Ta₂O₅を用いる場合には15wt%以下の含有量にするといよい。

【0025】CeO₂は放射線照射によるガラスの着色を低減させる成分であるが、3wt%以下の添加量で十分な効果を得ることができる。

【0026】As₂O₃およびSb₂O₃はガラス中の泡を除去する脱泡剤として添加する成分であるが、1wt%以下の添加量で十分な効果を得ることができる。

【0027】また、この発明の放射線遮蔽ガラスにおいて、望ましくは、Li₂OのLiは、Liが同位体濃縮

5

された6-Liを含有し、B₂O₃のBは、Bが同位体濃縮された10-Bを含有し、Gd₂O₃のGdは、Gdが同位体濃縮された155-Gdおよび157-Gdを含有しているのがよい。

【0028】電磁波および荷電粒子の遮蔽と、中性子の遮蔽とは、その遮蔽の概念および実施方法が大きく異なる。電磁波および荷電粒子は材料中の原子あるいはイオンの持つクーロン力との相互作用によってほとんどのエネルギーを放出して減衰するため、遮蔽するには電荷密度の高い元素（例えばPb）を多く用いる。

【0029】一方中性子は電荷を持たないので、原子核との弾性散乱、非弾性散乱もしくは放射捕獲等によってエネルギーを放出させる。したがって、遮蔽するには、散乱する確率の高い材料（質量数の小さい元素を含むもの、例えば水や樹脂等）や反応断面積の大きな元素（例えば同位体濃縮された6-Li、10-B、155-Gd、157-Gd等）をガラス中に含有させればよい。ここで、6-Li、10-Bなどの6や10という数字は、質量数で、それぞれ質量数6のLiの同位体、質量数10のBの同位体を表している。一般的には⁶Li、¹⁰Bのように元素記号の左肩に質量数を付して表している。これらの元素の原子核との相互作用（核反応）によって中性子を効率良く吸収することができるため、中性子を遮蔽することができる。

【0030】また、この発明の放射線遮蔽ガラスの好ましい組成としては、例えば以下の2つのような組成例をあげることができる。

【0031】① 重量比(wt%)で、以下のような組成、B₂O₃ 34.45、La₂O₃ 41.64、Gd₂O₃ 1.01、Li₂O 0.51、ZrO₂ 7.9 30 0、Ta₂O₅ 14.49からなるガラス。

【0032】② 重量比(wt%)で、以下のような組

6

成、B₂O₃ 25.59、La₂O₃ 49.19、Gd₂O₃ 1.00、SiO₂ 1.48、ZnO 5.91、ZrO₂ 0.98、Y₂O₃ 6.89、Nb₂O₅ 6.89、Ta₂O₅ 0.98、CeO₂ 0.10、Sb₂O₃ 0.98からなるガラス。

【0033】このような組成の放射線遮蔽ガラスを用いれば、電磁波、荷電粒子および中性子などの放射線を効率的に遮蔽することができる。

【0034】

10 【発明の実施の形態】以下、この発明につき、実施組成例を挙げて具体的に説明する。なお、以下の説明中で挙げる使用材料およびその量、その他の数値的条件、並びに処理方法は、好適な発明の範囲内の一例に過ぎず、したがってこの発明ではなんらこれに限定されるものではない。

【0035】

【実施例】この実施例の放射線遮蔽ガラスは、以下の方法で製造した。

【0036】まず、各成分の原料としてそれぞれ対応する酸化物、炭酸塩、硝酸塩、およびこれらの化合物等を使用し、所望の割合で、それぞれ秤量して、粉末で十分に混合して、これを調合原料とした。次にこれを1100℃から1350℃に加熱された電気炉中の、白金坩堝に投入して熔融、清澄の後、攪拌して均質化した。その後あらかじめ加熱されている鉄製の鋳型に鋳込み、徐冷した。

【0037】この発明の光学ガラスの実施例の組成（数値はwt%）を、比重、放射線遮蔽能力とともに表1に示す。

【0038】

【表1】

組成例 成分	7							
	1	2	3	4	5	6	7	8
B ₂ O ₃	30.64	29.02	20.00	29.70	27.11	34.45	20.00	25.59
La ₂ O ₃	40.44	29.90	16.04	21.78	16.54	41.64	26.00	49.19
Gd ₂ O ₃	1.01	2.94	24.75	15.84	18.38	1.01	12.00	1.00
SiO ₂	5.06	3.43	4.95	4.95	2.76	—	10.00	1.48
Al ₂ O ₃	—	—	4.95	—	—	—	—	—
Li ₂ O	2.12	2.55	—	1.98	2.30	0.51	2.50	—
Na ₂ O	—	—	4.95	—	0.28	—	—	—
K ₂ O	—	—	—	4.95	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—	5.00	—
CaO	—	—	—	9.90	—	—	—	—
SrO	—	—	—	—	9.19	—	—	—
BaO	—	—	9.90	—	1.84	—	—	—
ZnO	20.22	20.59	12.87	—	8.27	—	14.50	5.91
ZrO ₂	—	—	—	—	0.92	7.90	—	0.98
Y ₂ O ₃	—	8.24	—	9.90	—	—	—	6.89
Yb ₂ O ₃	—	—	0.59	0.99	9.19	—	—	—
Nb ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	10.00	6.89
Ta ₂ O ₅	—	—	—	—	2.30	14.49	—	0.98
CeO ₂	—	2.94	0.99	—	—	—	—	0.10
As ₂ O ₃	—	0.39	—	—	0.92	—	—	—
Sb ₂ O ₃	0.51	—	—	—	—	—	—	0.98
PbO	—	—	—	—	—	—	—	—
比重	4.04	4.15	4.21	3.75	4.38	4.25	4.20	4.56
中性子遮蔽能力	8	6	3	4	5	9	4	7
光子遮蔽能力	5	5	6	4	8	7	6	8

【0039】なお、実施例の組成はガラスに含有される陽イオンを酸化物として計算した場合の酸化物の重量パーセントで表されている。また、限定範囲内で含有量や成分を変えたものが8通りの組成で表記されている。

【0040】表1によると、組成例1の組成は、wt%でB₂O₃ 30.64、La₂O₃ 40.44、Gd₂O₃ 1.01、SiO₂ 5.06、Li₂O 2.12、ZnO 20.22、Sb₂O₃ 0.51で、この例の比重は4.04である。

【0041】次に、組成例2の組成は、wt%でB₂O₃ 29.02、La₂O₃ 29.90、Gd₂O₃ 2.94、SiO₂ 3.43、Li₂O 2.55、ZnO 20.59、Y₂O₃ 8.24、CeO₂ 2.94、As₂O₃ 0.39で、この例のガラスの比重は4.15である。

【0042】組成例3の組成は、B₂O₃ 20.00、La₂O₃ 16.04、Gd₂O₃ 24.75、SiO₂ 4.95、Al₂O₃ 4.95、Na₂O 4.95、BaO 9.90、ZnO 12.87、Yb₂O₃ 0.5*50

*9、CeO₂ 0.99で、この例のガラスの比重は4.21である。

【0043】組成例4の組成は、B₂O₃ 29.70、La₂O₃ 21.78、Gd₂O₃ 15.84、SiO₂ 4.95、Li₂O 1.98、K₂O 4.95、CaO 9.90、Y₂O₃ 9.90、Yb₂O₃ 0.99で、この例のガラスの比重は3.75である。

【0044】組成例5の組成は、B₂O₃ 27.11、La₂O₃ 16.54、Gd₂O₃ 18.38、SiO₂ 2.76、Li₂O 2.30、Na₂O 0.28、SrO 9.19、BaO 1.84、ZnO 8.27、ZrO₂ 0.92、Yb₂O₃ 9.19、Ta₂O₅ 2.30、As₂O₃ 0.92で、この例のガラスの比重は4.38である。

【0045】組成例6の組成は、B₂O₃ 34.45、La₂O₃ 41.64、Gd₂O₃ 1.01、Li₂O 0.51、ZrO₂ 7.90、Ta₂O₅ 14.49で、この例のガラスの比重は4.25である。

【0046】組成例7の組成は、B₂O₃ 20.00、

9

La_2O_3 26.00、 Gd_2O_3 12.00、 SiO_2 10.00、 Li_2O 2.50、 MgO 5.00、 ZnO 14.50、 Nb_2O_5 10.00で、この例のガラスの比重は4.20である。

【0047】組成例8の組成は、 B_2O_3 25.59、 La_2O_3 49.19、 Gd_2O_3 1.00、 SiO_2 1.48、 ZnO 5.91、 ZrO_2 0.98、 Y_2O_3 6.89、 Nb_2O_5 6.89、 Ta_2O_5 0.98、 CeO_2 0.10、 Sb_2O_3 0.98で、この例のガラスの比重は4.56である。

【0048】比重は、アルキメデス法により測定を行った。比重が大きいほど γ 線の遮蔽能力が大きくなる傾向があり、 γ 線の遮蔽能力の目安となるため示してある。

【0049】放射線遮蔽能力は、後述する計算コードANISN-JRを用いた中性子および光子（電磁波）の線量等量率計算により、相対的な遮蔽能力を1～10にクラス分けしたものであり、大きい値ほど高い遮蔽能力を示す。

【0050】また、従来の透明な放射線遮蔽物質について、表1に挙げたこの発明の各ガラスに対して行ったと同一の測定条件で、比重、放射線遮蔽能力を調べた結果を比較例として表2に従来品1～3で示してある。従来品1は電磁波および荷電粒子の遮蔽を目的とした、多量の PbO を含有する放射線遮蔽ガラスで、従来品2は中性子の遮蔽を目的とした放射線遮蔽ガラス、従来品3は電磁波、荷電粒子および中性子を同時に遮蔽することを目的とした遮蔽ガラスである。

【0051】

【表2】

10

組成例 成分	従来品1	従来品2	従来品3
B_2O_3	—	10.80	—
La_2O_3	—	—	—
Gd_2O_3	—	—	2.00
SiO_2	27.10	68.70	44.85
Al_2O_3	—	—	—
Li_2O	—	—	0.30
Na_2O	—	8.70	—
K_2O	1.50	8.10	17.80
MgO	—	—	—
CaO	—	—	—
SrO	—	—	—
BaO	—	—	—
ZnO	—	—	—
ZrO_2	—	—	—
Y_2O_3	—	—	—
Yb_2O_3	—	—	—
Nb_2O_5	—	—	—
Ta_2O_5	—	—	—
CeO_2	—	2.50	1.80
As_2O_3	0.40	—	—
Sb_2O_3	—	—	—
PbO	71.00	—	33.05
比重	5.18	2.52	3.33
中性子遮蔽能力	2	5	3
光子遮蔽能力	9	2	4

【0052】なお、比較例の組成は以下に示すとおりである。

【0053】従来品1の組成は、 SiO_2 27.10、 K_2O 1.50、 As_2O_3 0.40、 PbO 71.00であり、このガラスの比重は5.18である。

【0054】従来品2の組成は、 SiO_2 68.70、 B_2O_3 10.80、 Na_2O 8.70、 K_2O 8.10、 CeO_2 2.50であり、このガラスの比重は2.52である。

【0055】従来品3の組成は、 SiO_2 44.85、 Li_2O 0.30、 K_2O 17.80、 Gd_2O_3 2.00、 CeO_2 1.80、 PbO 33.05であり、このガラスの比重は3.33である。

【0056】放射線遮蔽能力は、中性子と光子（電磁波）が共存する特定の環境条件を仮定し、厚さ30cmの実施組成例1～8および比較例（従来品1～3）のガラスをそれぞれ設置した場合（図3参照）に、放射線源と30cmの厚さのガラスをはさんで、反対側にある点を評価点として、この評価点における放射線の線量当量

11

率から、その減衰の様子を計算コードANISN-JRを用いて計算した。計算に関する条件は以下の通りである。

【0057】遮蔽計算コード：ANISN-JR
核データライブラリ：RADHEATを用いてJENDL、ENDF/BおよびPOPOP4より編集
エネルギー群数：中性子100群、光子18群
線源スペクトル：中性子2MeV、光子1MeV
線量当量変換係数：ICRPのPublication51による
ANISN-JRは米国オークリッジ国立研究所が開発し、日本原子力研究所が改訂した遮蔽計算コードであり、原子力施設や原子力設備等の遮蔽設計に広く用いられている。

【0058】RADHEATは日本原子力研究所が作成した、核データライブラリ編集用コードであり、JENDL、ENDF/BおよびPOPOP4も広く用いられているライブラリである。

【0059】計算結果より、中性子の減衰を線量当量率（ガラス入射時の線量を1としたときの、ガラス通過後の線量の比率）で図1に、光子（ここでは γ 線）の線量当量率の減衰を図2にそれぞれ示す。図1および図2において、横軸に線源からの距離（単位：cm）をとり、縦軸に相対線量当量率（常用対数表示）をとって、それぞれ示してある。図中、従来品1、2および3は表2の組成例の従来品1、2および3にそれぞれ対応しており、また1～8の番号は表1の組成例の番号1～8にそれぞれ対応している。中性子を遮蔽するとき、ガラス中に含有される元素と中性子との反応（散乱や、捕獲反応）によって二次光子（ γ 線等）が発生するが、この二次光子の減衰についても図2に含んで示されている。

【0060】図1において、この発明の組成範囲内で実施した組成例1～8のガラスは、従来品1および従来品3のガラスと比べて中性子を大きく減衰している。すなわち、中性子遮蔽能力を向上させることができた。特に組成例1、2、6および8のガラスは、従来中性子の遮蔽のみを目的につくられたガラスである従来品2よりも明らかに中性子遮蔽能力が高くなっている。

【0061】一方、図2において、組成例1～8のガラスは従来品2および従来品3のガラスと比べて光子（ γ 線）を大きく減衰しており、従来、電磁波および荷電粒子といった光子の遮蔽を目的につくられたガラスである従来品1と比べても、その遮蔽能力はほぼ同じ程度であるといえる。また、図2においては中性子の遮蔽に伴っ

12

て発生する二次光子の減衰状況も含んで示されているため、図2によればこの組成例1～8のガラスは十分、二次光子の遮蔽能力も備えている。したがって放射線の漏洩等の心配は大きく低減される。

【0062】この放射線の遮蔽能力を理解しやすいように1～10にクラス分けをして表1に示した。この遮蔽能力は数字が大きいほど遮蔽能力も高くなっている。

【0063】実際に放射線遮蔽ガラスとして使用する場合には、放射線環境やガラスを設置するスペースといった多くの条件により必要な遮蔽の程度はさまざまである。

【0064】組成例1～8のガラスは条件に応じてそれぞれ放射線遮蔽ガラスとして十分用いることができるが、強い電磁波、荷電粒子および中性子のいずれの放射線についての遮蔽にも優れている組成例をあげるとすれば、組成例6と組成例8である。

【0065】

【発明の効果】以上のように、この発明の、 B_2O_3 - La_2O_3 - Gd_2O_3 を必須成分とし、X線や γ 線等の電磁波および α 線や β 線等の荷電粒子に対する高い遮蔽能力を維持し、かつ中性子も十分に遮蔽することのできる放射線遮蔽ガラスを用いれば、電磁波、荷電粒子および中性子の共存する環境下において、従来よりも薄いガラスで、かつ少ないガラスの枚数で放射線遮蔽窓を設計および製作することが可能となる。これにより、放射線遮蔽窓等の設計の自由度が飛躍的に拡大し、また視野や透過率といった放射線遮蔽窓の性能を向上させることができる。

【0066】実際、中性子が存在する環境下には同時に光子も存在しており、この発明の放射線遮蔽ガラスのように両放射線種に対する高い遮蔽能力を兼ね備えたガラスは有用である。しかも、この放射線遮蔽ガラスは、光学ガラスとして十分に使用できる光学的性質および内部品質を有しているため、ペリスコープ等の放射線を遮蔽する必要のある光学機器に用いることもできる。

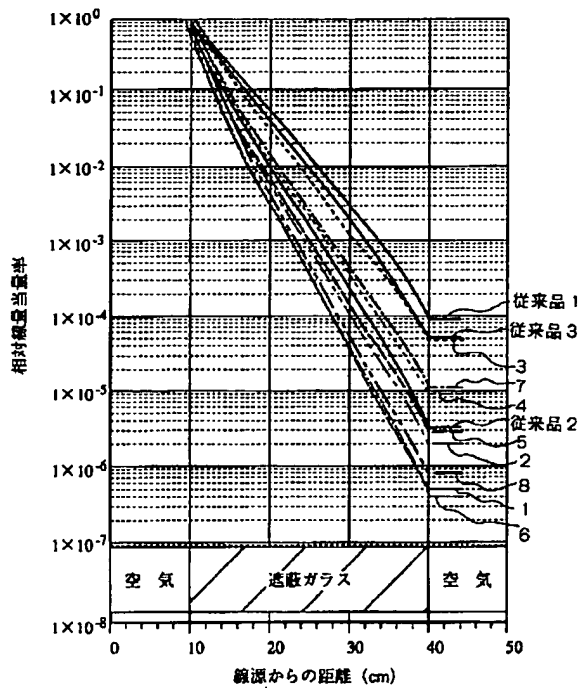
【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の放射線遮蔽ガラスによる、中性子の減衰を示す図である。

【図2】この発明の放射線遮蔽ガラスによる、光子（ γ 線）の減衰を示す図である。

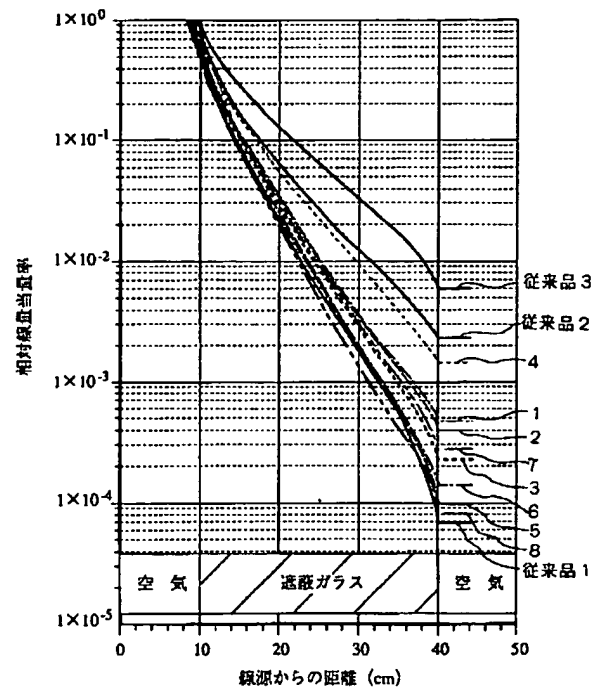
【図3】この発明で使用した平板体系によるANISN計算の説明に供する概略的なモデル図である。

【図1】



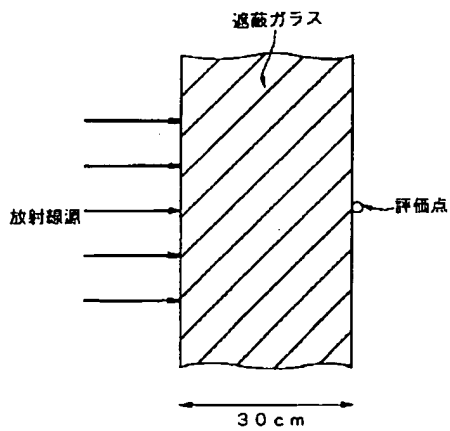
中性子の減衰を表す特性図

【図2】



光子(γ線)の減衰を表す特性図

【図3】



発明の実施の形態の説明に供するモデル図